

INSTITUTOS SUPERIORES DE ENSINO DO CENSA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS E DA SAÚDE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PROPOSTA DE REDUÇÃO DE TEMPO DE SETUP DA LINHA DE EXTRUSÃO
COM FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING: ESTUDO DE CASO EM
UMA EMPRESA DE DUTOS FLEXÍVEIS

Por

Jeferson de Souza da Silva

Campos dos Goytacazes – RJ

Junho/2022

INSTITUTOS SUPERIORES DE ENSINO DO CENSA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS E DA SAÚDE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PROPOSTA DE REDUÇÃO DE TEMPO DE SETUP DA LINHA DE EXTRUSÃO
COM FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING: ESTUDO DE CASO EM
UMA EMPRESA DE DUTOS FLEXÍVEIS

Por

Jeferson de Souza da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado em cumprimento às exigências
para a obtenção do grau no Curso de
Graduação em Engenharia de Produção
nos Institutos Superiores de Ensino do
CENSA.

Orientador: Pedro Henrique Dutra de Abreu Mancini de Azevedo, Mestre.

Campos dos Goytacazes – RJ

Junho/2022

Silva, Jeferson de Souza da

Proposta de redução de tempo de setup da linha de extrusão com ferramentas do Lean Manufacturing: Estudo de caso em uma empresa de tubos flexíveis/ Jeferson de Souza da Silva. - Campos dos Goytacazes (RJ), 2021.

54 f.: il.

Orientador: Prof. Pedro Henrique D. de A. Mancini de Azevedo
Graduação em (Engenharia de Produção) - Institutos Superiores de Ensino do CENSA, 2021.

1. Engenharia de Produção. 2. Lean Manufacturing.
3. Melhoria Contínua. I.Título.

CDD 658.5

Bibliotecária responsável Glauce Virgínia M. Régis CRB7 - 5799.
Biblioteca Dom Bosco.

PROPOSTA DE REDUÇÃO DE TEMPO DE SETUP DA LINHA DE EXTRUSÃO
COM FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING: ESTUDO DE CASO EM
UMA EMPRESA DE DUTOS FLEXÍVEIS

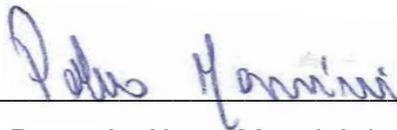
Por

Jeferson de Souza da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado em cumprimento às exigências
para a obtenção do grau no Curso de
Graduação em Engenharia de Produção
nos Institutos Superiores de Ensino do
CENSA.

Aprovado em 01 de julho de 2022

BANCA EXAMINADORA



Pedro Henrique Dutra de Abreu Mancini de Azevedo, Mestre



Pompilio Guimarães Reis Filho, Mestre.



Marcia Adriana Licasalio da Silva

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

STP – SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

MFV – MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR

JIT – *JUST-IN-TIME*

SMED – *SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE*

CEP – CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

MACHINE LOG – Anotação de tempo de início e final de cada atividade executada.

HDPEC – *HIGH DENSITY POLYETHYLENE CLEAN*

HDPE - *HIGH DENSITY POLYETHYLENE*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de Produção Toyota.	12
Figura 2: Significado da palavra <i>KAIZEN</i>	15
Figura 3: Mapa de fluxo do estado atual.	20
Figura 4: Mapa de fluxo de valor melhorado.	20
Figura 5: Sistema <i>andon</i> em uma linha de montagem manual	27
Figura 6: Exemplo de um método <i>Poka Yoke</i> de controle.	28
Figura 7: Esquema de funcionamento do cilindro e parafuso sem-fim.	34
Figura 8: Caracterização do tempo de setup.	38
Figura 9: Estágios do SMED.	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Funções do Kanban.	18
Quadro 2: Significado dos 5S.....	23
Quadro 3: Breve descrição das principais ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i> ..	37
Quadro 4: As principais etapas e atividades do <i>setup</i>	38
Quadro 5: Tempo de <i>setup</i> sem o SMED	41
Quadro 6: Tempo de <i>setup</i> com SMED.	42

SUMÁRIO

CAPÍTULO I: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
1. INTRODUÇÃO	9
2 LEAN MANUFACTURING.....	10
2.1 SURGIMENTO DO LEAN MANUFACTURING	10
2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (SPT).....	11
2.3 FERRAMENTAS <i>LEAN</i>	14
2.3.1 <i>KAIZEN</i>	14
2.3.2 <i>KANBAN</i>	17
2.3.3 MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR	18
2.3.4 <i>HEIJUNKA</i>	21
2.3.5 Programa 5S (<i>SERI, SEITON, SEISOU, SEIKETSU, SHITSUKE</i>)	22
2.3.6 JUST-IN-TIME (JIT).....	23
2.3.7 <i>SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE</i>	24
2.3.8 <i>JIDOKA</i>	26
2.3.8.1 <i>ANDON</i>	26
2.3.8.2 <i>POKA-YOKE</i>	28
CAPÍTULO II: ARTIGO CIENTÍFICO	30
1- INTRODUÇÃO.....	32
2- METODOLOGIA	33
2.1- Classificação da Pesquisa	33
2.2 Procedimentos técnicos	33
3 REFERENCIAL TEÓRICO	35
3.1 <i>Lean Manufacturing</i>	35
3.2 Conceitos de desperdícios na visão <i>Lean</i>	35
3.3 Principais Ferramentas <i>Lean</i>	36
3.4 <i>SMED (Single Minute Exchange of Die)</i>	37
4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
5- CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS.....	45
CAPÍTULO III: REFERÊNCIAS	49

CAPÍTULO I: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. INTRODUÇÃO

Segundo Colombini (2020) o setor nacional de petróleo e gás passou por uma grande transformação, com a perda do monopólio da Petrobrás na operação dos campos do pré-sal e a entrada das grandes petroleiras internacionais no Brasil. Contudo, muito tem-se analisado as petroleiras, não dando ênfase ao estudo das para-petroleiras, que são prestadoras de serviço e fabricantes de máquinas e equipamentos para a exploração e produção de petróleo, desta forma, a competitividade e a inovação são tidas como fatores determinantes do setor.

As para-petroleiras se estabelecem em todos os países produtores e entorno de todas as empresas petroleiras devido à alta tecnologia empregada. Tem a função primordial na produção de petróleo junto à sua disposição quase que integral no território (COLOMBINI,2020).

Colombini (2020) diz que com a entrada de grandes petroleiras internacionais estima-se um crescimento na demanda no setor de tubos flexíveis, e junto a esse aumento de procura, novos concorrentes. Tendo um mercado cada vez mais exigente, com margens de lucro mais estreitas, administrar um sistema produtivo enxuto e eficiente, pode ser um fator muito importante para a continuidade e a retomada do crescimento das empresas desse setor.

O conceito de eficiência é definido por Chiavenato (2003, p.155) da seguinte forma:

A eficiência está voltada para a melhor maneira (*the best way*) pela qual as coisas devem ser feitas ou executadas (métodos) a fim de que os recursos (pessoas, máquinas, matérias-primas) sejam aplicados da forma mais racional possível. A eficiência preocupa-se com os meios, com os métodos e procedimentos mais indicados que precisam ser devidamente planejados e organizados a fim de assegurar a otimização da utilização dos recursos disponíveis.

Evangelista *et al.* (2021) dizem que para as empresas se manterem competitivas no mercado é necessário implantar métodos de redução de custos e melhorias no processo. No ambiente produtivo, um dos principais causadores do aumento de desperdícios é o *setup* da máquina.

Mattoso (2014, p.6) afirma que “O *setup* é o tempo que se leva na troca de ferramentas para preparar um equipamento, entre a última peça de boa qualidade produzida e a primeira peça aprovada do novo produto.”

Reduzir o tempo de *setup* possibilita trabalhar em pequenos lotes, diminuir os estoques, aumentar a flexibilidade e atender mais rapidamente à demanda dos clientes (NISHIDA, 2006).

2 LEAN MANUFACTURING

2.1 SURGIMENTO DO LEAN MANUFACTURING

Ferreira (2020) afirma que o termo *Lean* foi visto primeira vez no livro *A Máquina que mudou o Mundo*, escrito por Womack *et al.* No entanto, as convicções e ferramentas usados pelos autores e abordados nos dias de hoje como *lean manufacturing*, pela filosofia, foram originados no Japão pós-guerra, quando Eiji Toyoda em uma visita na fábrica da Ford nos Estados Unidos, pode conhecer o sistema de produção em massa desenvolvido por Henry Ford e levou o conhecimento para sua empresa, a Toyota, com o desafio de implementar um sistema de produção mais eficiente do que o visto nos EUA.

Toyoda Sakichi e Toyoda Kiichiro notaram que não se tinha a capacidade de competir utilizando o mesmo arcabouço, pelo o fato da escassez de matéria prima. Com isso, junto a Taiichi Ohno criaram um novo modelo que foi nomeado de Sistema de Produção Enxuto (*Lean Manufacturing / Lean Production*). O novo modelo de produção tinha como prioridade a eliminação completa de todo e quaisquer desperdícios, produção de lotes pequenos, redução de *lead times* dos *setups*, diminuição de estoques de matérias primas, foco elevado na qualidade, etc. (WOMACK *et al.*, 2004).

Para Shingo (1996) o Sistema Toyota de Produção (STP) teve uma evolução considerável após várias tentativas e erros durante o processo de desenvolvimento do sistema. Foram criados vários princípios básicos, um dos princípios de mais relevância é o do “não custo”, onde, na administração normal e usado pelas outras companhias, é utilizado a fórmula mais comum: $\text{Custo} + \text{Lucro} = \text{Preço de Venda}$.

No Sistema Toyota de Produção a fórmula foi redefinida para: $\text{Preço} - \text{Custo} = \text{Lucro}$, com essa fórmula a maneira de se pensar muda completamente, onde percebe-se que para aumentar o lucro deve-se reduzir o custo e para reduzir o custo, as perdas devem ser eliminadas, a partir deste princípio os outros são desenvolvidos.

2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (SPT)

Durante décadas a Toyota aplicou bem as ferramentas e desenvolveu o Sistema Toyota de Produção na fábrica. A comunicação era muito boa com os fornecedores, os funcionários aprendiam os métodos e conseguiam pôr em prática as tarefas. Mas, percebeu-se a necessidade de ter um estudo contínuo e conforme a Toyota se desenvolvia era perceptível que cada mais era complicado aplicar esse sistema, logo o FUJIO CHO desenvolveu a “Casa STP” (LIKER, 2005).

Segundo Liker (2005, p.51) “uma casa é um sistema estrutural. A casa só é forte se o telhado, as colunas e as fundações são fortes. Uma conexão fraca fragiliza todo o sistema.”

Liker (2005) ainda afirma que os princípios fundamentais são:

- Telhado: metas de melhor qualidade, menor custo e menor *lead time*;
- Coluna do *just-in-time*: provavelmente a característica mais visível e popularizada do STP. Sistema com objetivo de produzir a quantidade exata de um produto, de acordo com a demanda, de forma rápida e sem a necessidade da formação de estoques, fazendo com que o produto chegue a seu destino no tempo certo;

- Coluna da Automação: que essencialmente significa nunca deixar que um defeito passe para a próxima estação e liberar as pessoas, das máquinas – automação com um toque humano;
- No centro melhoria contínua: pessoas treinadas e solução de problemas, visão de perdas;
- Fundação: Produção nivelada, processos estáveis e padronizados, gerenciamento visual e filosofia do modelo Toyota.

Na figura 1 pode-se observar a estrutura e alguns tópicos relacionados a cada componente da casa.

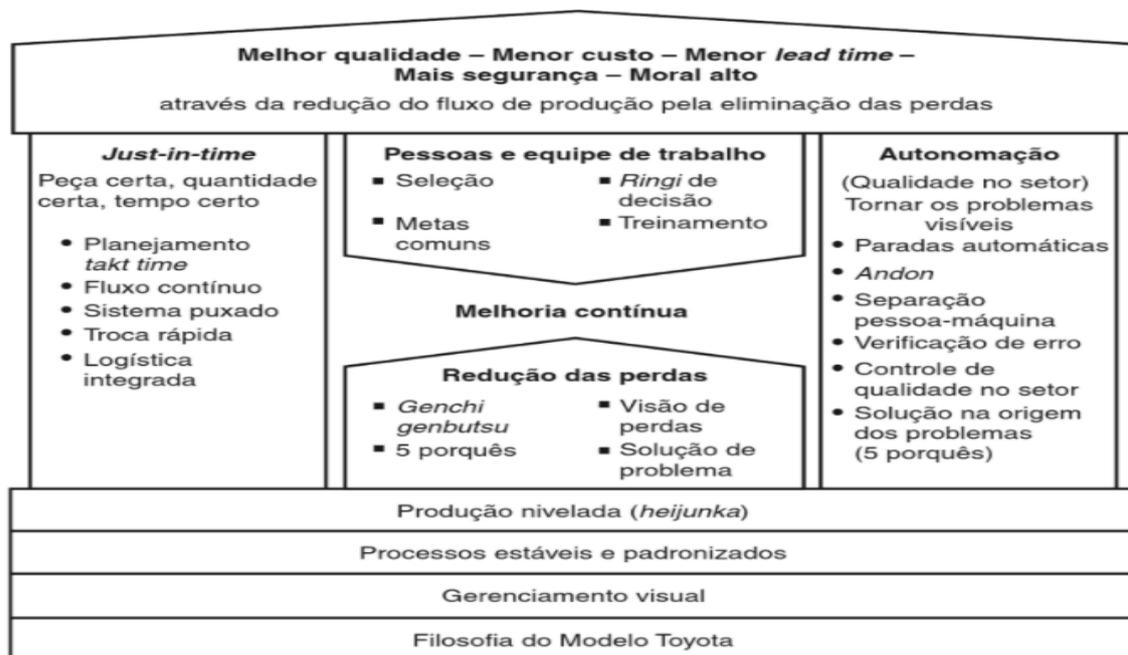


Figura 1: Sistema de Produção Toyota.

FONTE: (LIKER, 2005, p.51)

Martins e Laugeni (2005) defendem que no sistema de produção enxuta, utilizam-se diversas ferramentas e técnicas, como *kanban*, círculos da qualidade, células de trabalho ou de produção, entre outras de ferramentas integradas permitindo a Toyota, que sua produção seja extremamente flexível e adaptável, apesar de suas especificações rígidas de produto, fluxo de material e de atividades de produção.

O STP é formado por apenas quatro regras implícitas que guiam a concepção, o projeto, operação e melhoria de qualquer atividade, relação ou fluxo para produto e serviço (MARTINS E LAUGENI,2005).

De acordo Bowen e Spears (1999) as regras têm seguintes contextos:

a) Regra 1 (concepção): Toda tarefa necessita ser bem detalhado referente ao conteúdo, sequência, resultado e tempo esperado.

I - O método é pré-estabelecido (em termos de conteúdo, sequência, tempo e rendimento esperado).

II - O operador está hábil para efetuar a atividade e tem a capacidade de identificar se o trabalho está dentro dos procedimentos estabelecidos;

III - O trabalho é verificado imediatamente após o término;

IV - O operador solicita ajuda assim que o problema é identificado.

b) Regra 2 (projeto): O relacionamento do cliente para com o fornecedor deve ser com menor ruído possível, sem erros no envio de requisições e recebimento de respostas.

I – O requerimento deve ser feito por parte do comprador;

II – A comunicação entre o fornecedor e cliente dever ser interrupta, com padrão e todos os envolvidos estão definidos claramente;

III – O diálogo deve ser binário e sem equívocos (Sim/ Não);

IV - A conexão é instantaneamente reconhecida;

V -O quantitativo requerido e o tempo de resposta estão determinados;

VI - As anomalias detectadas criam de imediato “sinais” de pedido de auxílio.

c) Regra 3 (operação): O trajeto percorrido por cada produto ou serviço necessita ser simples e objetivo.

I - O fluxo é pré-determinado (para processo, materiais e informações);

II – A movimentação é única;

III - No fluxo do sistema não deve existir rotações;

IV – Na movimentação não existe fragmentação de ramificações;

V -Todos os componentes do fluxo (*steps*) são definitivamente necessários.

d) Regra 4 (melhoria de qualquer atividade): Em qualquer melhoria tem de ser realizada pelos os envolvidos na atividade a qual está se melhorando, relacionado com um método científico e orientado por um especialista.

I – Os aperfeiçoamentos são orientados em associando o estado ideal, no pedido, instantâneo, um a um (lotes de uma peça por vez), sem desvio, sem perda (insumos, energia, trabalho e demais recursos), seguro (profissional, emocional e físico);

II – Os funcionários usam o método padronizado e estruturado para desvendar problemas, e tem a ajuda dos experientes;

III - As contramedidas são implantadas por quem está envolto na tarefa que está sofrendo melhoria, apenas depois do teste das hipóteses;

IV – Testar se a melhoria é efetiva.

2.3 FERRAMENTAS LEAN

Ao longo do tempo, desde o *kanban* e o SMED, várias ferramentas foram incorporadas ao *Lean*. Obtendo-se as definições das principais ferramentas do *Lean Manufacturing* (LIKER, 2005).

2.3.1 KAIZEN

O conceito de *kaizen* para Imai (1990) basicamente significa a melhoria contínua de um fluxo completo ou de um processo individualizado, com a finalidade

de agregar mais valor com menos desperdício, também engloba uma série de inovações para gestão do Japão.

O termo *kaizen* origina-se da cultura japonesa e possui o significado de melhoria gradual e contínua, esse método é baseado nos princípios socioculturais japoneses que exigem grande comprometimento dos indivíduos dentro da empresa, construindo uma gestão orientada para maximização da produtividade, da rentabilidade e a redução de custos (IMAI, 1990)



Figura 2: Significado da palavra *KAIZEN*.

FONTE: (BANDEIRA, p.25, 2020)

Segundo Imai (2005) O princípio da qualidade total tem como o principal objetivo buscar a satisfação de todos os envolvidos nas fases de um empreendimento, partindo dos consumidores, colaboradores, até os acionistas e os donos. Os princípios fundamentais da qualidade total são divididos em 9, que são:

I- Gerencia Participativa: os gerentes, líderes devem motivar, comunicar, delegar, partilhar e converter seus colaboradores em equipes de trabalho, todos da companhia devem participar buscando soluções mais rápidas e otimizar o convívio na mesma.

II - Comunicação Transparente: missão, visão e os objetivos organizacionais têm que estar claros para os colaboradores, as vias de comunicação necessitam estar em controle constante, para que dessa forma não exista ruídos na comunicação.

III - Satisfação dos Clientes: atingir e superar as expectativas dos clientes é fundamento imprescindível, visto que, a busca do bom relacionamento com os consumidores e melhores resultados possíveis dos seus produtos guiam o sucesso da organização.

IV - Recursos Humanos: valorização do colaborador, para atingir um ambiente de trabalho harmonioso e favorável para o convívio, influenciando no aumento de potencial e iniciativa, tendo como exemplos de práticas de incentivo: investimentos em treinamentos e capacitação.

V - Delegação: delegar poderes e funções é primordial para conservar o controle mais eficiente na empresa, dado que os colaboradores tem autonomia para tomar algumas decisões reduziram as barreiras e ajudaria nas soluções de problemas.

VI - Aperfeiçoamento Contínuo: melhorar e inovar constantemente os setores, antecipar o que o cliente necessita, investir em novas tecnologias, tudo isso influenciando no desempenho.

VII - Solucionar Falhas: a alta gerência da empresa deve aplicar uma política de zero defeito, em todos os setores, nenhum equívoco deve ser ignorado, o necessitar ser feito é ter medidas de prevenção e aplicar ações corretivas, visto que por mais pequeno seja um erro ele pode ser tornar grande e custoso.

VIII - Gerenciamento de Processos: a gerência de processos, está conceituada na cliente-fornecedor.

IX - Garantia da Qualidade: para garantir a qualidade total de um sistema é de suma importância planejar e formalizar. Os processos necessitam ser sistemáticos e ter uma rotina, logo, as ações necessitam serem planejadas e os serviços devem ser de garantia.

Criou-se então o *Kaizen* a partir de todos esses fundamentos e teorias administrativas com a intenção de proporcionar o desenvolvimento da empresa, destacando ainda melhores condições de trabalho para os colaboradores, dessa forma eles buscam e eliminam os desperdícios constantemente.

2.3.2 KANBAN

Ohno (1997, p.46) afirma que “O método de operação do Sistema Toyota de Produção é o *Kanban*. A forma mais frequente usada é um pedaço de papel dentro de um envelope vinil retangular.”

Ohno (1997, p.46) ainda diz “Neste pedaço de papel a informação pode ser dividida em três categorias: (1) informação de coleta, (2) informação de transferência, e (3) informação de produção. O *Kanban* carrega informação vertical e lateralmente.”

O Sistema *Kanban* funciona de forma de similaridade com supermercados de peças/componentes padronizadas. Estes supermercados têm preços pré-estabelecidos e quantidade rigorosamente limitada de estoque, prevista com o intuito de assegurar que o estoque à disposição seja o bastante somente para resguardar o tempo de reposição do estoque. Então, o cartão *Kanban* é um sinal que diz o que, quando e quanto produzir peças para reabastecer aquelas que foram consumidas no supermercado de uma forma “leve um, faça um” (OHNO, 1997).

Segundo Georgetti (2004) o *Kanban* é um mecanismo utilizado para puxar uma produção. Um sistema visual de informações criado e posto em prática por Ohno. Esse sistema tem finalidade de monitorar/controlar a produção, garantindo que a quantidade de estoque em processo seja limitada através de números determinados cartões.

De acordo com Ohno (1997), existem seis funções para o *Kanban* a qual o quadro 1 irá apresentar.

Quadro 1: Funções do Kanban.

Funções do <i>Kanban</i>	Regras para Utilização
Fornece informação sobre pegar ou transportar	O processo posterior pega o número e itens identificados pelo <i>kanban</i> do processo anterior
Fornece informação sobre a produção	O processo inicial produz itens na quantidade e sequencia indicadas pelo <i>kanban</i>
Impedir super produção e o transporte excessivo	Nenhum item é produzido ou transportado sem um <i>kanban</i>
Servir como ordem de produção afixada às mercadorias	Serve para afixar um <i>kanban</i> às mercadorias
Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz	Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte.
Revelar problemas existentes e mantém o controle de estoques	Reduzir o número de <i>kanbans</i> aumenta a sua sensibilidade aos problemas

FONTE: Adaptado de Ohno (1997, p.48)

2.3.3 MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR

A ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) condiciona a realização de uma análise do fluxo de produção por completo, desde o recebimento da matéria prima do fornecedor, até a saída do produto da fábrica e a entrega ao cliente. Sua criação é tão simples que pode ser feito com papel e lápis sendo um diagrama de fácil entendimento. No diagrama são colocadas todas as informações inerentes ao processo, como tempo de ciclo, estoques, sequência do fluxo, etc. (VANSAN, 2018).

Bandeira (2020, p.28) afirma que:

É ferramenta fundamental no processo de planejamento e para o gerente analisar onde encontrar os erros como de montagem, desperdícios como de movimentação desnecessária e posteriormente fazer o processo melhoria dos setores.

Sehnem *et al.* (2020) ainda diz que o MFV do estado atual de um sistema é uma ferramenta que necessita uma visualização da direita para a esquerda, sendo assim, do cliente (distribuição) ao fornecedor, para ter total garantia que o fluxo seja executado em prol da produção evitando perdas, e com enfoque no valor para o cliente.

Liker e Meier (2007) elaboraram 7 passos práticos para implementação do MFV, sendo eles:

- I. Usar o mapa do estado atual somente como base para o mapa do estado futuro;
- II. O mapa do estado futuro representa o conceito do que você está tentando realizar;
- III. O mapeamento do estado futuro precisa ser facilitado por alguém com profundo conhecimento do sistema enxuto;
- IV. O propósito do mapeamento é a ação;
- V. Não desenvolva o mapa antes da hora;
- VI. Alguém com poder administrativo deve liderar;
- VII. Não planeje e faça apenas, confira e aja também.

Sehnem *et al.* (2020, p.168) “O MFV auxilia na projeção de um “estado futuro” de como a produção teria que fluir, a partir da melhoria do “estado atual” de um processo por meio dos princípios do pensamento enxuto.”

Na figura 3 pode-se observar um mapeamento com gargalos e nenhuma padronização dos processos.

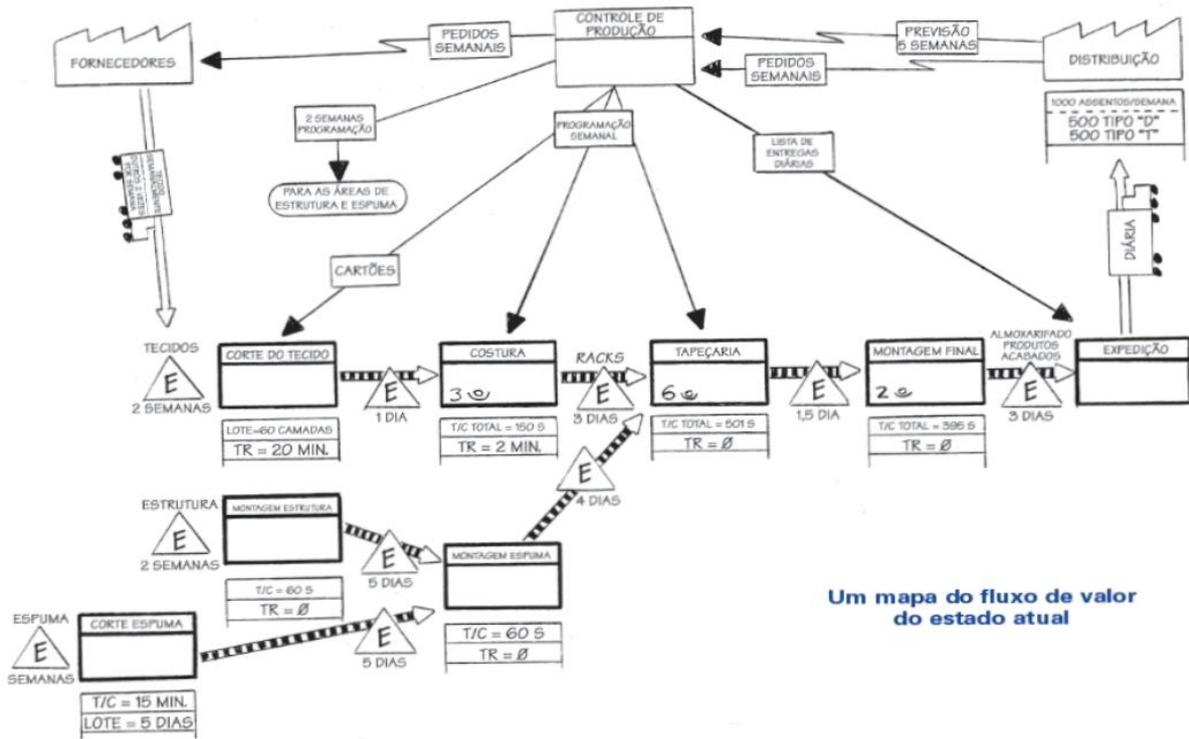


Figura 3: Mapa de fluxo do estado atual.

Fonte: Rother; Shook (2003).

Na figura 4 pode-se observar, como o mapeamento de fluxo de valor irá ficar no futuro com as devidas melhorias. Pode-se ver a coerência no sistema da indústria citada, como por exemplo as montagens mais padronizadas, os turnos ajustados, e a porcentagem de sobra determinada.

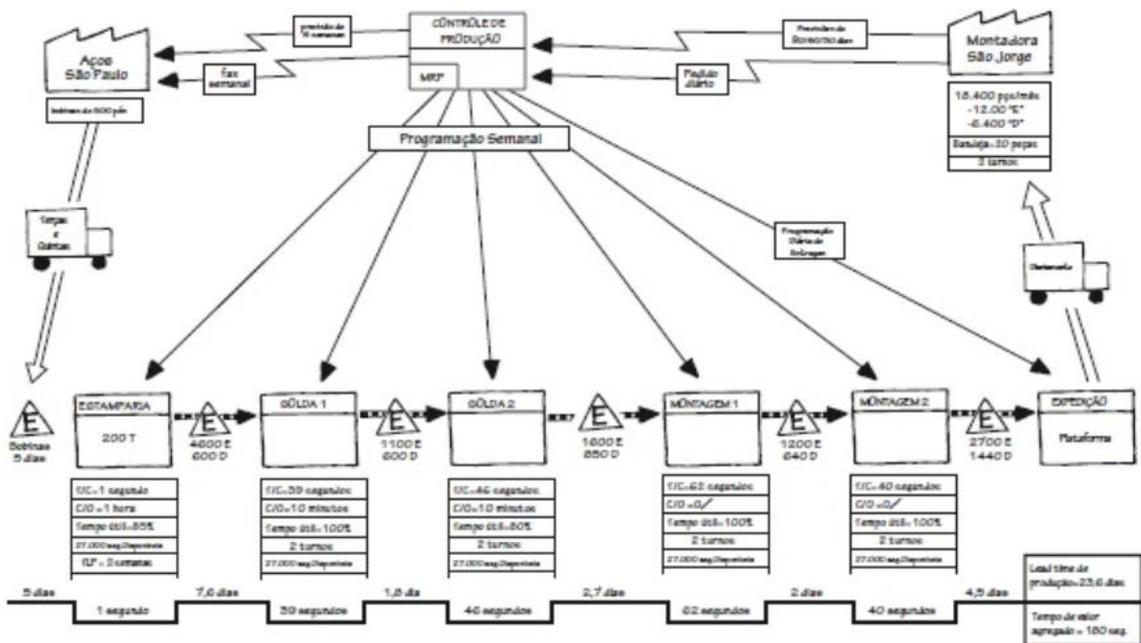


Figura 4: Mapa de fluxo de valor melhorado.

Fonte: Lean Institute Brasil (2018)

2.3.4 HEIJUNKA

Segundo Liker (2005) empresa que tem o sistema de fabricação por pedido e que visa a fabricação enxuta. Não tem a menor possibilidade de fabricar um produto quando no exato momento em que ele é solicitado.

Liker (2005, p.122) ainda diz:

Infelizmente, os clientes não são previsíveis e os pedidos reais variam significativamente de semana para semana, de mês para mês. Se fabricarmos o produto quando ele é solicitado, poderemos produzir grandes quantidades em uma semana, pagando horas extras e estressando os funcionários e o equipamento, mas, se os pedidos forem poucos na semana seguinte, seu pessoal terá pouca coisa para fazer e seu equipamento estará sendo subutilizado.

Não é possível também saber a quantidade de encomenda que deve ser feito aos fornecedores, acarretando assim falta de insumo ou acúmulo de insumos, fugindo literalmente do propósito de produção enxuta. Olhando para esse cenário a Toyota desenvolveu o *Heijunka* (LIKER, 2005).

Slack *et al.* (2006, p. 369) definem *Heijunka* como:

[...] a palavra japonesa para o nivelamento do planejamento da produção, de modo que o mix e volume sejam constantes ao longo do tempo. Por exemplo, em vez de produzir 500 unidades em um lote que seria suficiente para cobrir as necessidades dos próximos três meses, a programação nivelada iria requerer da operação da operação a produção de somente uma peça por hora, de forma bastante regular.

Slack *et al.* (2006) ainda afirmam que o princípio da programação nivelada é simples, mas para incorporá-la, exige-se um grande esforço. Contudo, os benefícios são abundantes.

Bandeira (2020) diz que fazer uma produção nivelada, também é um princípio em junto ao *kaizen*, e a padronização do trabalho é fundamental dentro do STP. Sem a presença dessas metodologias provavelmente haverá desnivelamento

da produção, sendo assim muito comum acontecer os 3 M's como chamamos, são eles: *MUDA*, *MURI* e *MURA*.

Liker (2005) define *MUDA*, *MURI* e *MURA*, como:

- a) *MUDA*: são tarefas desnecessárias que aumentam o *lead time*.
- b) *MURI*: demanda de atividades para uma pessoa ou máquina além de seus limites naturais.
- c) *MURA*: desnivelamento. Pode ser visto como a resolução dos outros dois M's. Em sistemas de produção normais, às vezes há mais trabalho do que as pessoas ou máquinas podem realizar e outras vezes há falta de trabalho.

2.3.5 Programa 5S (*SERI*, *SEITON*, *SEISOU*, *SEIKETSU*, *SHITSUKE*)

Liker (2005) diz que um dos princípios do STP deve ser o controle visual, para que os problemas apareçam. Segundo ele, se não mantivermos a organização e a limpeza, iremos esconder problemas e aceitar maneiras disfuncionais de produzir.

Liker (2005) confirma também que para os japoneses manter a fábrica extremamente limpa e organizada era questão de orgulho. Mas o “programa 5S” vai muito além disso, ele existe com o intuito da eliminação de perdas que colaboram que colaboram com os erros, acidentes de trabalho e defeitos.

O programa 5S é destinado a todos os colaboradores da empresa desde o presidente, áreas administrativas, serviço, manutenção, manufatura e operadores. É extremamente importante que a alta administração lidere o programa que tem como base educação, treinamento e prática em grupo (CAMPOS, 2014).

Campos (2014) confirma que os 5S são: *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* e *shitsuke*. Onde os seus conceitos de aplicabilidade na produção e administração serão descritos no quadro 2.

Quadro 2: Significado dos 5S

5S	Produção	Administração
<i>SEIRI</i> (arrumação)	Identificação dos equipamentos, ferramentas e matérias necessários ou desnecessários nas oficinas e postos de trabalho.	Identificação de dados e informações necessárias e desnecessárias para tomada de decisões.
<i>SEITON</i> (ordenação)	Determinação do local específico ou <i>layout</i> para os equipamentos serem localizados e utilizados a qualquer momento.	Definição do local do arquivo e utilização de dados a qualquer momento. Estabelece-se um tempo de 5 minutos para achar o arquivo.
<i>SEISOU</i> (limpeza)	Eliminação de pó, sujeira e objetos desnecessários e manutenção da limpeza dos postos de trabalho	Sempre atualização e renovação de dados para ter decisões corretas.
<i>SEIKETSU</i> (padronização)	Ações consistentes e repetitivas visando arrumação, ordenação, limpeza e manutenção das boas condições sanitárias e sem nenhuma poluição.	Estabelecimento, preparação e implementação de informações e de dados de fácil entendimento que serão muito úteis e práticas para decisões
<i>SHITSUKE</i> (autodisciplina)	Hábito de cumprimento de regras e procedimentos especificados pelos clientes.	Hábito de cumprimento de regras e procedimentos especificados pela empresa.

Fonte: Adaptado de Campos (2014)

2.3.6 JUST-IN-TIME (JIT)

Just-in-time significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessárias e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça esse fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero (OHNO, 1997, p. 26).

Carvalho (2017) afirma que no JIT a etapa subsequente do processo é vista como cliente da etapa atual. Sendo assim o próximo posto de trabalho ou etapa da fabricação seguinte é visto como cliente, até chegar ao consumidor final.

Não se deve produzir além da demanda, evitando o desperdício. Com o estoque em excesso maquam o surgimento de novos problemas, tais como: ocupação desnecessária de espaço, com isso surgem demandas de administração dessa superprodução (CARVALHO, 2017).

Liker (2005) completa afirmando que quando se trabalha com pouco estoque, existe um senso de urgência entre os colaboradores, visto que, não existe estoque ao contrário da produção em massa, que quando uma máquina para a manutenção atua enquanto o estoque mantém as operações subseqüentes em andamento.

Desse modo, então, a filosofia JIT estigue os custos de armazenamento, inventário e movimentação/transportes dispensáveis, além de custos com a gestão desses estoques, salientando, de fato, no que incorpora valor para o cliente (BAHURY E BEER, 2016).

2.3.7 SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE

Segundo Corrêa, L. e Corrêa, A. (2017) SMED é uma abreviatura da expressão em inglês *Single Minute Exchange of Die* e tem como referência um conjunto de princípios para gerar trocas de ferramentas (*setups*) inferiores a dez minutos (*single minute* significa tempo em minutos expresso com um único dígito), desenvolvidos nas décadas de 50 e 60 por Shigeo Shingo.

Shingo (1985) confirma que a operação de *setup* é dividida em duas partes *setup* interno e *setup* externo.

- a) *Setup* interno – são operações que só podem ser realizadas com a máquina parada. Exemplos são a remoção ou montagem de ferramentas ou moldes;
- b) *Setup* externo – são operações pelas quais podem ser feitas com a máquina em funcionamento. Exemplos são os transportes dos moldes antes e depois da troca,

A técnica do SMED consiste em realizar internamente somente as operações impossíveis de serem realizadas externamente. As operações de *setup* interno remanescentes são otimizadas para que seus tempos sejam, tanto quanto possível, reduzidos. O tempo total de máquina parada resultará, portanto, reduzido (na maioria das vezes drasticamente) (CORRÊA, L. E CORRÊA, A., 2017).

Os autores supracitados ainda afirmam que os cinco estágios são recomendados para fazer com que a ferramenta funcione corretamente:

a) ESTÁGIO PRELIMINAR – Consiste em observação e registro de todas as informações relevantes sobre o *setup* atual. Tem-se a formação de equipe de trabalho. Cada passo do *setup* atual é dividido em atividades e são detalhadamente descritas. Essas atividades são cronometradas e registradas. Todo o equipamento utilizado é registrado. É sugerido filmar o *setup*, afim de observar o desperdício de tempo.

b) ESTÁGIO I – Separação das atividades internas e externas. Todas as atividades internas devem ser analisadas com o objetivo de transformá-las em externas. Nesse estágio, ocorrências como a não disponibilidade dos equipamentos deve ser observadas e registradas.

c) ESTÁGIO II – Devem ser determinadas as ações para a transformação das atividades internas em externas. A ausência de registros dos ajustes anteriormente usados para a nova ferramenta irá exigir um tempo de ajuste após a montagem. A observação de fatos desse tipo é feita também nesse estágio.

d) ESTÁGIO III – Nesse estágio são analisadas criteriosamente todas as atividades internas remanescentes e atividades externas após a conversão, debatendo como realiza-las no menor tempo possível, com o objetivo de eliminação dos desperdícios.

e) ESTÁGIO IV – São registradas em detalhes todas as atividades internas e externas, também os procedimentos para sua execução. Deve-se ter cuidados especiais com os registros de parâmetros ao término da montagem. De acordo com o tempo esses valores variam, então devem ser atualizados.

A redução de tempo de *setup* da metodologia SMED ajuda na elevação das taxas de funcionamento nas máquinas, logo, existe um aumento na produtividade, os defeitos são mitigados, o nível de confiança e segurança na troca rápida é aumentado devido a uma adaptação e melhor organização e auxilia na atenuação do inventário com produtos acabados (VIAMONTES, 2017).

2.3.8 JIDOKA

Segundo Dennis (2008) diz que Sakichi Toyoda, foi o primeiro a pressentir o conceito de *jidoka*. Em 1902 com a invenção da máquina de tear que pararia automaticamente caso algum fio se partisse. Com as máquinas automatizadas um operador se tornou responsável por dezenas delas.

Shimokawa e Fujimoto (2010) afirmam que o *jidoka* da Toyota tem como base o investimento em equipamentos automatizados, com a capacidade de verificar a qualidade e com capacidade de parar quando as adversidades acontecem e de chamar a atenção para esses problemas. Mesmo com esses atributos necessitamos adicionar o elemento relativo à sabedoria humana e transforma-lo um equipamento *jidoka*.

Liker (2005) diz que quando o equipamento para, bandeiras ou luzes, em geral auxiliados de música ou de alarme, são utilizadas para sinalizar a necessidade de ajuda para resolver um problema de qualidade. Esse sistema de sinalização é atualmente chamado de *andon*. *Andon* quer dizer sinal de luz para pedir ajuda.

2.3.8.1 ANDON

Liker (2005) na Toyota, o *andon* é chamado de “sistema de parada de linha em posição fixa”. Como a figura 5 ilustra, no momento que um operador na estação 5 pressiona o botão do *andon*, a estação irá mostrar a luz amarela, mas a linha continuará em funcionamento.

O líder da equipe tem um tempo determinado para agir até que o veículo vá para a próxima estação, antes que o sinal do *andon* fique vermelho e o que o

segmento da linha seja automaticamente interrompido. Nesse período, o líder da equipe irá resolver o problema ou concluir que a linha deve parar (LIKER,2005).

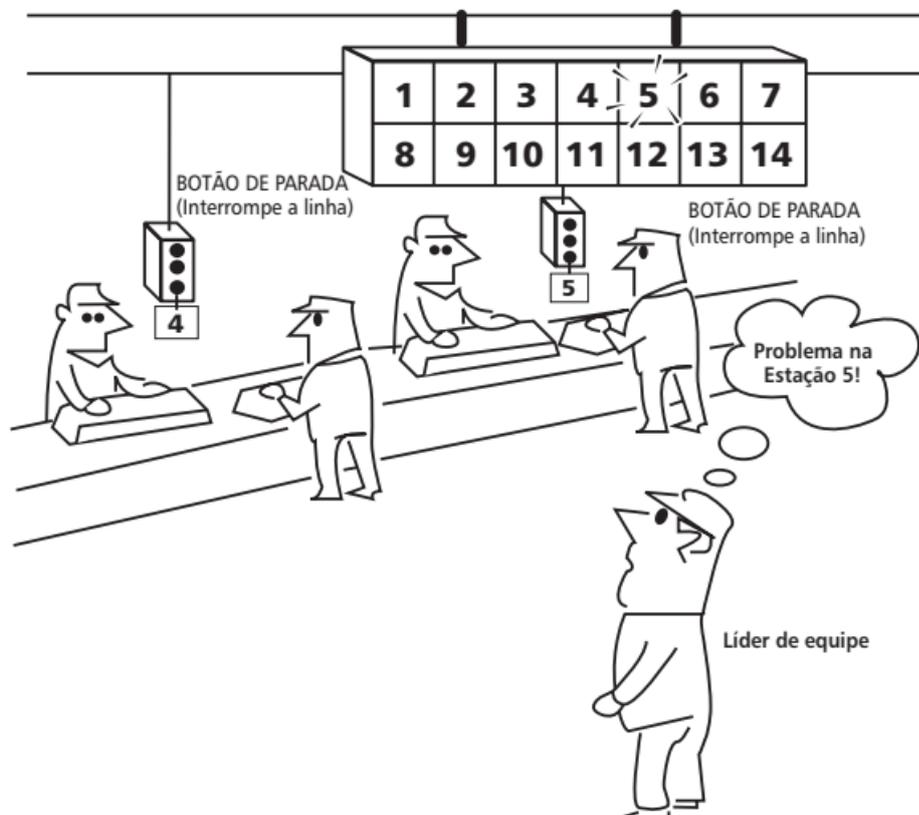


Figura 5: Sistema *andon* em uma linha de montagem manual

Fonte: (LIKER, 2005, p.138)

Na linha de montagem, na indústria de automóveis o veículo atravessa vários postos onde são acrescentadas as peças e componentes, através das máquinas e dos operadores. A finalidade é produzir de acordo com o que foi planejado (*Takt*), sempre reduzindo os desperdícios. Cada parada é quantificada (quanto tempo) e qualificada (motivo da parada) (KAMADA, 2007).

Kamada (2007) ainda afirma que se utiliza como indicador de paradas o *downtime* (tempo perdido de produção planejado ou não planejado). O monitoramento é feito pelo quadro de acompanhamento dos problemas, onde quem abastece é o líder a área. É importante que o supervisor monitore o quadro durante os intervalos e a gerência no final do dia, com intuito de controlar a produtividade e mantê-la no mínimo em 95%.

2.3.8.2 POKA-YOKE

Shigeo Shingo desenvolveu e estendeu o conceito de *jidoka*. Superando a ideia de fomentar o controle estatístico de processos (CEP), onde o principal foco é a contagem de defeitos, Shigeo Shingo começou a focar em como realmente reduzir os defeitos até chegar ao patamar de zero defeitos. Para atingir essa remota meta ele inventou um conceito chamado *poka-yoke*, que se refere a dispositivos simples, baratos e a prova de falhas (DENNIS, 2008).

Para Nogueira (2010) um sistema *Poka Yoke* tem como objetivo evitar que um erro seja cometido, ou fazer que um erro seja espontaneamente identificado como pode-se ver na figura 6. É essencial detectar erros através de uma inspeção rápida, já que, a maioria dos defeitos são causados por erros inadvertidos. Logo, os erros não se tornarão se forem identificados e anulados com antecedência.

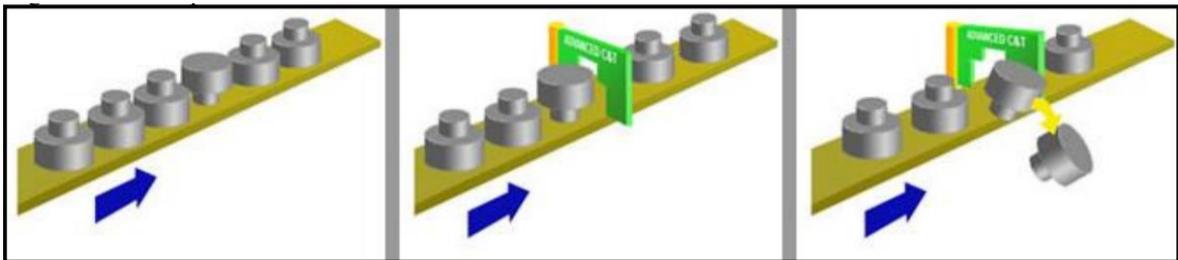


Figura 6: Exemplo de um método *Poka Yoke* de controle.

Fonte: Fioro (2013)

Segundo Shingo (1996), existem dois modos nas quais *Poka Yoke* pode ser utilizado para identificar e retificar erros:

Método de Controle – quando o *Poka Yoke* é estimulado, a máquina ou a linha de processamento para, de forma que a adversidade possa ser reparada. Essa metodologia habitualmente é aplicada para falhas frequentes. Também é indicado quando o defeito é impossível de ser corrigido, independente da frequência com que acontecem. O mesmo autor menciona que há três métodos de

Poka Yoke de controle:

I - Método de contato identifica as falhas por causa da existência ou não de contato entre o dispositivo e com tal característica ligada à forma ou dimensão do produto.

II - Método de conjunto ordena se um dado número de tarefas previstas é realizado.

III - Método das etapas determina se as etapas ou operações determinadas são ligados por um dado procedimento.

Método de Advertência – quando o *Poka Yoke* é ativo, um alarme soa, ou uma luz sinaliza, com o intuito de alertar um operador. Apropriado para falhas menos frequentes e fáceis de serem ajustadas.

Em cada caso, a decisão de implantar um *Poka Yoke* deve ser feita com base em uma análise custo-benefício. O *Poka Yoke* de controle é o mais eficiente na maioria dos casos (SHINGO, 1996).

CAPÍTULO II: ARTIGO CIENTÍFICO

PROPOSTA DE REDUÇÃO DE TEMPO DE SETUP DA LINHA DE EXTRUSÃO COM FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE DUTOS FLEXÍVEIS.

Jeferson de Souza da Silva^{1*}, *Pedro Henrique Mancini de Azevedo*^{2*}

RESUMO

Para se tornarem competitivas no mercado, as empresas utilizam metodologias da qualidade no qual auxiliam no aumento da produtividade. Uma das filosofias altamente utilizadas é o *lean manufacturing*, que busca reduzir a zero quaisquer desperdícios. O SMED é uma das ferramentas desta metodologia, que tem como objetivo reduzir ao máximo o tempo de *setup*, elevando a eficiência do equipamento. O artigo a seguir, tem como objetivo verificar se a aplicação do SMED reduz o alto tempo de troca de cabeça da extrusora, que é o principal *setup*

na linha de produção da extrusão desta empresa de dutos flexíveis para extração de petróleo. Foram cronometrados e comparados os tempos necessários para finalizar a troca da cabeça da extrusora com e sem a ferramenta do SMED. Através deste estudo de caso, avaliou-se que o tempo de troca da cabeça da extrusora diminuiu significativamente quando utilizado *setup* externo do SMED. Pode-se então concluir que a implantação da ferramenta SMED irá beneficiar o tempo de *setup* da linha da extrusão e assim melhorar a produtividade do setor.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, Melhoria Contínua, SMED.

ABSTRACT

To become competitive in the market, how companies use quality methodologies without qualifying help in increasing productivity. One of the highly used philosophies is lean manufacturing, which will reduce to zero waste. SMED is one of the tools of this methodology, which aims to reduce the configuration time as much as possible, increasing the efficiency of the equipment. Article a, aims to control whether following the SMED reduces the high extrusion head change time, which is the main

configuration of the extrusion production line of this company of application pipelines for oil extraction. Timed times were selected to complete the head tool change with and without the SMED comparison. This study evaluated that the extrusion head time from external exchange through exchange significantly used, when used setup setup. It can be said that the implementation of the SMED tool will benefit the extrusion line configuration time and thus improve the sector's productivity.

Keywords: Lean Manufacturing, Continuous Improvement, SMED

1- INTRODUÇÃO

Calhado *et al.* (2015) afirmam que no cenário mundial atual, a concorrência comercial está cada vez maior, devido à globalização, tornando o ambiente industrial extremamente competitivo. Alguns dos desafios enfrentados pelas organizações são a alta concorrência, a exigência do mercado e a necessidade de atender o cliente mais exigente.

Nos processos de produção, as organizações buscam alternativas para aumentar a produtividade, reduzir desperdício de tempo em seu sistema produtivo e realizar um melhor proveito do tempo de preparação de máquinas (CORRER *et al.*, 2011).

Oliveira (2017) diz que o *Lean Manufacturing* busca a eliminação dos principais desperdícios que são encontrados nos processos produtivos, através da utilização de ferramentas específicas que proporcionam que a filosofia *Lean* seja implementada.

Nishida (2006) comenta que reduzir o tempo de *setup* capacita a empresa coordenar produção em pequenos lotes, diminuir estoques, ampliar a flexibilidade e atender mais rapidamente à demanda dos clientes, porém quando explica como escolher um objetivo para redução de tempo de *setup*, coloca como único ganho calculável a redução do inventário.

O presente estudo tem como objetivo sugerir uma forma de encurtar o tempo de *setup* da linha de extrusão de dutos flexíveis para extração de petróleo. Tendo com os objetivos específicos analisar o tempo total de *setup* da linha da extrusão, levantar o tempo de *setup* da cabeça da extrusora e fazer uma simulação para transformar o *setup* interno em *setup* externo utilizando a ferramenta SMED.

Para Zinth *et al.* (2015) o SMED é uma ferramenta eficaz que reduz o tempo de *setup*. Propondo ações com o foco na redução do tempo *setup*, analisando as perdas de tempo que o método atual proporciona e enfatizando na diminuição ou eliminação destas perdas.

2- METODOLOGIA

2.1- Classificação da Pesquisa

A natureza dessa pesquisa é aplicada pois ela é dedicada à desenvolvimento de fundamentos para solucionar problemas específicos. Ela é dirigida à busca da verdade para determinada aplicação prática em situação particular (NASCIMENTO E SOUSA, 2015).

Gil (2022) afirma que a presente pesquisa tem características exploratórias, visto que, tais pesquisas têm como objetivo aprimorar ideias ou descobrir intenções que possam gerar pesquisa bibliográfica ou estudo de caso.

A abordagem da pesquisa é caracterizada como qualitativa, pois tem como finalidade entender fenômenos históricos, realísticos, sociais ou grupais, por meio da relação entre caracterização do conceito e a observação, empregando requisitos da pesquisa empírica e do desenvolvimento teórico principalmente de técnicas não estatísticas (FLICK, 2009).

O método selecionado para o seguinte trabalho foi o estudo de caso único. Segundo Araújo (2009) esse estudo é indicado para investigadores isolados, visto que, possibilita uma oportunidade para estudar, de uma forma razoavelmente aprofundada, um estipulado ponto de vista de um problema em pouco tempo.

2.2 Procedimentos técnicos

Para estruturar este estudo de caso, foi verificado o histórico do *machine log* do ano de 2021 da linha de extrusão 2 de tubos flexíveis. Onde observou-se o tempo de espera de aquecimento da cabeça da extrusora de configuração (U670 – 2.0) e o tempo total de *setup* necessário até o próximo produto ótimo. E por fim uma simulação foi realizada, transformando um *setup* interno em *setup* externo, cronometrando a sua duração por um aparelho móvel e filmado todas realizações das atividades.

A simulação foi feita entre os dias 03/01/2022 até 06/01/2022 utilizando duas configurações de cabeça de extrusora como objeto de estudo, com a intenção de

transformar em *setup* externo a montagem, o aquecimento e o torque da cabeça da extrusora. As configurações utilizadas foram (U380 – A23) e (U670 – 2.0).

A configuração (U670 – 2.0) teve o início da sua montagem assim que, começou a produção com a configuração (U380 – A23), no dia 03/01/2022, a duração do processo de montagem foi de 2 horas e 45 minutos.

Com a montagem realizada iniciou-se o procedimento de aquecimento da configuração (U670 – 2.0), utilizando uma unidade de controle de temperatura (UCT), que foi fornecida pela linha de produção 1, onde a mesma estava em parada programada. Após 6 horas e 50 minutos a temperatura de trabalho de 220 °C foi atingida, logo após, foi executado o procedimento de torque da cabeça da extrusora, durando 35 minutos.

Após o término da produção da (U380-A23), que durou 48 horas e 25 min, iniciou-se o *setup* interno da linha 2: que consiste em fazer o procedimento de purga do material de limpeza, *high density polyethylene clean* (HDPEC), da configuração (U380-A23), para retirada de material de produção, *high density polyethylene* (HDPE), onde a extrusora é alimentada por material polimérico de limpeza até que não haja resquícios de material de produção, durando 2 horas e 30 minutos.

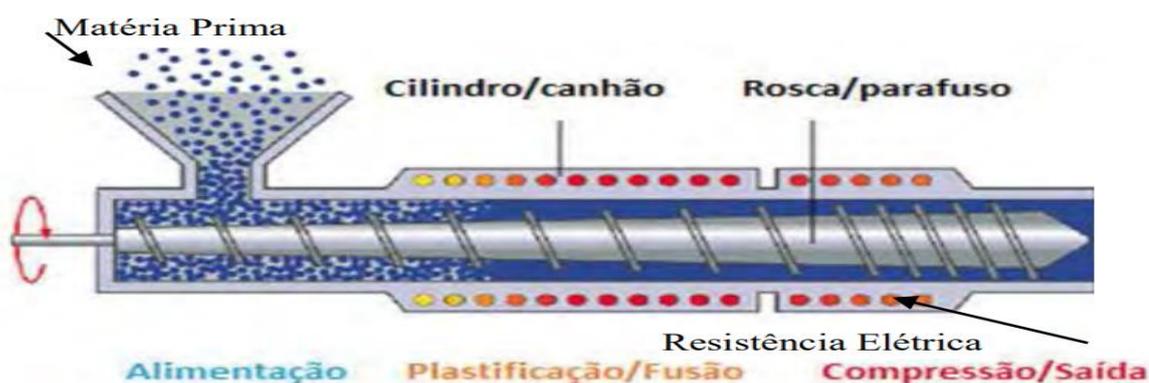


Figura 7: Esquema de funcionamento do cilindro e parafuso sem-fim.

Fonte: Adaptado de Plástico (2015)

Com a etapa de purga finalizada, inicia-se o processo de desacoplamento da cabeça de extrusão para desmontagem e retirada do material polimérico de limpeza, durando 2 horas e 10 minutos, em paralelo é retirado o parafuso sem-fim

e realizado a limpeza do mesmo e do cilindro onde ele é acoplado, durando 1 hora e 45 minutos.

Após o término da limpeza do parafuso e do cilindro, o parafuso sem-fim é reinstalado novamente no cilindro, com duração de 40 minutos. Ao término da instalação mencionada a configuração da cabeça (U670- 2.0) é instalada na extrusora, a instalação da cabeça da extrusora na extrusora dura 1h e 20 minutos.

Em paralelo com essas atividades é realizado o *setup* dos demais periféricos da linha de extrusão, levando 7 horas para ser completado.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 *Lean Manufacturing*

O nascimento do sistema *Lean* foi devido a uma aprendizagem prática e dinâmica dos processos produtivos originários dos setores têxteis e automobilísticos, que surgiu da ambição e das contingências do mercado japonês. A filosofia *Lean* atribui-se como uma revolução cultural na empresa, que tem a capacidade de alavancar a capacidade produtiva de qualquer companhia. (BASTOS; CHAVES, 2014).

Souza (2016) complementa afirmando que a filosofia *Lean* capacita a produção eficaz em relações de custo, bem como o fornecimento apenas da quantidade exata, no momento e local preciso, utilizando o mínimo de instalações, materiais e recursos humanos, em resumo eliminando os desperdícios.

3.2 Conceitos de desperdícios na visão *Lean*

Com mercado cada vez mais acirrado, é indispensável que as empresas invistam em melhorias dos seus processos de produção com a finalidade de atender cada vez mais rápido e eficaz às demandas do mercado, mantendo a qualidade dos produtos, e diminuindo o custo dos mesmos (ALVES, 2007).

Nos tempos atuais as empresas possuem o desafio de produzir mais, com menos recursos, de forma mais veloz e eficiente. Os modelos produtivos tem a capacidade de serem melhorados de várias formas, uma das formas de aperfeiçoar

a performance da organização é eliminando os desperdícios. Os desperdícios são caracterizados como todas as tarefas que não acrescentam valor ao produto (ORTIZ, 2006).

Diante dessas premissas Souza (2016) diz que o *Lean manufacturing* é um sistema de manufatura que é aplicado em diversas empresas que visam aperfeiçoar a produtividade e eliminar quaisquer desperdícios, proporcionando valor e satisfação aos clientes e ganhos superiores para os acionistas da organização.

Segundo Ohno (1997), no *Lean manufacturing* existe sete desperdícios fundamentais que devem ser eliminados ou mitigados com a finalidade de escalar o processo. Esses desperdícios incluem tudo que é realizado em um processo, mas que não agrega valor para o cliente, gerando apenas um aumento no custo do produto.

O autor supracitado afirma que os sete desperdícios que o sistema visa eliminar são: superprodução, tempo de espera, transporte, processamento, estoque, movimentação e defeitos.

Liker (2005) declara que o *Lean Manufacturing* pode ser explicado como uma metodologia que contém um grupo de ferramentas, que fornece condições à empresa reconhecer e extinguir os sete diferentes tipos de desperdícios.

3.3 Principais Ferramentas *Lean*

Pereira e Trabasso (2016) afirma que à medida que o *Lean* é estudado e implementado em várias indústrias, surgem novas ferramentas, mas o arcabouço se mantém, que é aumentar a produtividade e flexibilidade de produção, afim de aumentar a rentabilidade. No quadro 3 é apresentada algumas ferramentas que auxiliam a chegar nesse objetivo.

Quadro 3: Breve descrição das principais ferramentas do *Lean Manufacturing*

Ferramentas	Breve Descrição
<i>Kaizen</i>	É equivalente a um evento de melhoria voltada com a utilizar equipes dedicadas em aperfeiçoar uma determinada área com agilidade (FAHMI <i>et al.</i> , 2015);
<i>Kanban</i>	<i>Kanban</i> é um quadro de indicação que fiscaliza os deslocamentos de produção ou transportes em uma indústria. (HASSAN; KAJIWARA, 2013);
Mapeamento do fluxo de Valor	Ferramenta que permite a visualização de toda a cadeia de valor, sendo assim possível determinar grande parte dos desperdícios num processo ou conjunto de processos (PEREIRA; TRABASSO, 2016);
<i>Heijunka</i>	O <i>Heijunka</i> nivela a produção, isso significa uniformizar o volume e a combinação de produtos produzidos, fazendo que haja baixa variação de produção durante um curto período. (LIKER, 2005);
5s	Ferramenta que constitui um guia de boas práticas para ter um posto de trabalho limpo e organizado de modo a maximizar as condições para a realização de uma determinada tarefa e reduzir o desperdício (CHIARINI E VAGNONI, 2014);
<i>Just in time</i> (JIT)	É um sistema de administração da produção que define que tudo deve ser produzido, transportado ou comprado na hora apropriada. Pode ser utilizado em qualquer organização, para reduzir estoques e os custos decorrentes;
<i>Jidoka</i>	Refere-se aos colaboradores e as máquinas automatizadas que visualizam o defeito e tendo decisão e resposta rápidas de resolver o problema (PASCAL, 2008);
<i>Poka Yoke</i>	Ferramenta que se fundamenta na criação de sistemas à prova de erros. (SAURIN <i>et al.</i> , 2012).

Fonte: Elaboração própria.

3.4 SMED (*Single Minute Exchange of Die*)

A SMED é uma técnica *Lean* que o objetivo de reduzir tempo de instalação e configuração de um equipamento ou linha de produção. Possibilitando que haja

maior agilidade no processo de inicialização de uma máquina, reduzindo o desperdício de tempo e agregando mais velocidade ao trabalho (GOMES, 2021).

De acordo com Reis e Alves (2010), o método SMED foi criado por Shigeo Shingo, o qual desenvolveu a metodologia através de exames detalhados de aspectos teóricos e práticos para redução de *setup* para um dígito. O termo *setup* é caracterizado na figura 8 e suas etapas básicas de atividades no quadro 4.

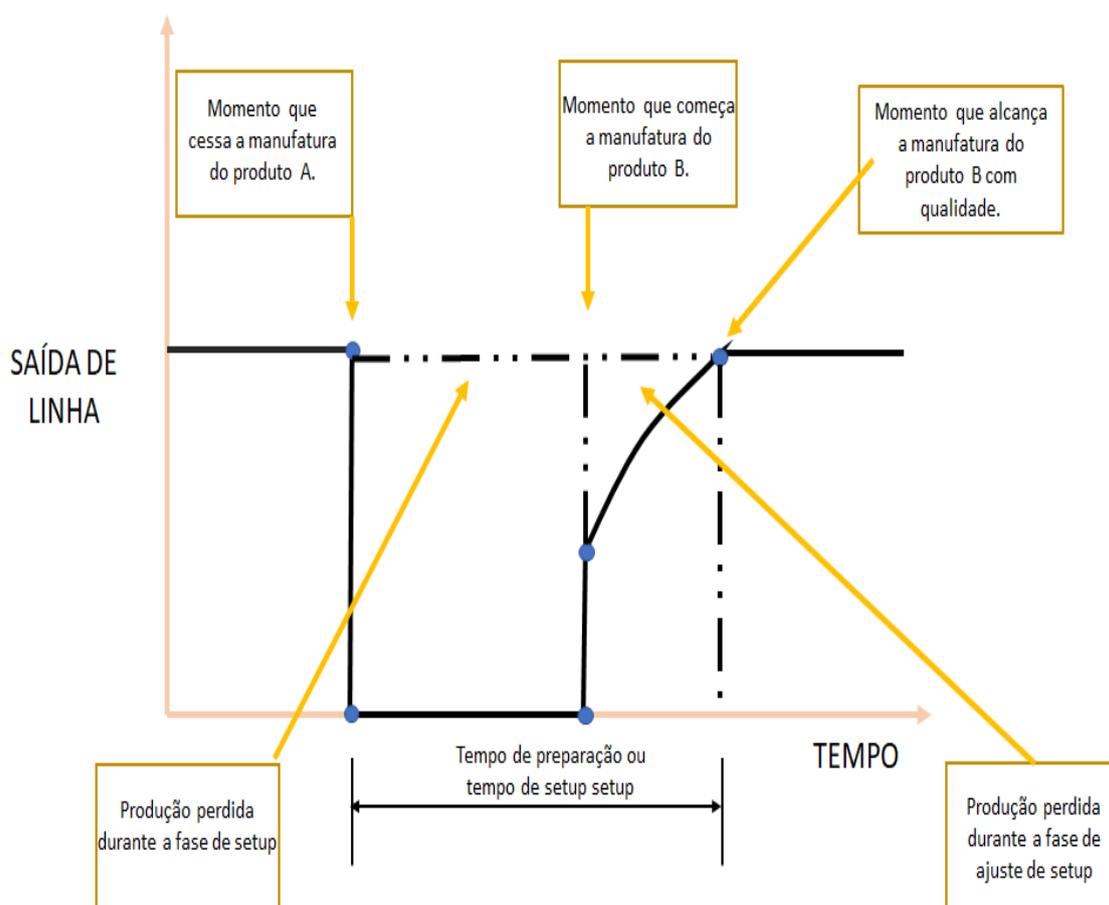


Figura 8: Caracterização do tempo de setup.

Fonte: Evangelista (2021).

Quadro 4: As principais etapas e atividades do *setup*.

Etapa	Atividade
Preparação da matéria prima,	Verifica-se se os materiais estão conformes para utilização e nos locais corretos, também está incluso a limpeza das máquinas.

dispositivos e ferramentas	
Montagem e remoção de ferramentas e componentes	Ocorre a remoção das ferramentas e componentes utilizados no lote anterior e a fixação das que serão utilizadas para atendimento ao novo lote que será produzido.
Centragem e determinação das dimensões das ferramentas	Consiste nas atividades de posicionamento das ferramentas, medições e calibrações, a fim de encontrar condições ideais para o processo.
Processos iniciais e ajustes	São realizados ajustes e testes necessários para iniciação do processo, caso as etapas forem realizadas de maneira satisfatória e eficaz, menor tempo para essa etapa será empregada, já que a mesma é totalmente independente das etapas anteriores.

Fonte: Adaptado de Shingo (2000).

Segundo Reis e Alves (2010), o arcabouço da metodologia SMED é entendido da forma que as operações de *setup* sejam separadas em dois grupos distintos:

- a) *Setup* interno – tarefas que só se realizam no momento em que a máquina não esteja produzindo, por exemplo: montagem ou remoção de matrizes;
- b) *Setup* externo – tarefas que podem ser realizadas durante a produção, por exemplo: transporte de matrizes já utilizadas para o almoxarifado.

De acordo com Shingo (1996), o SMED conduz a melhoria do *setup* de forma progressiva. Assim, ele passa por estágios básicos. Fogliatto e Fagundes (2003), completam afirmando que para a aplicação do SMED seja realizada com sucesso é necessário seguir a série de estágios conforme mostra a figura 9.

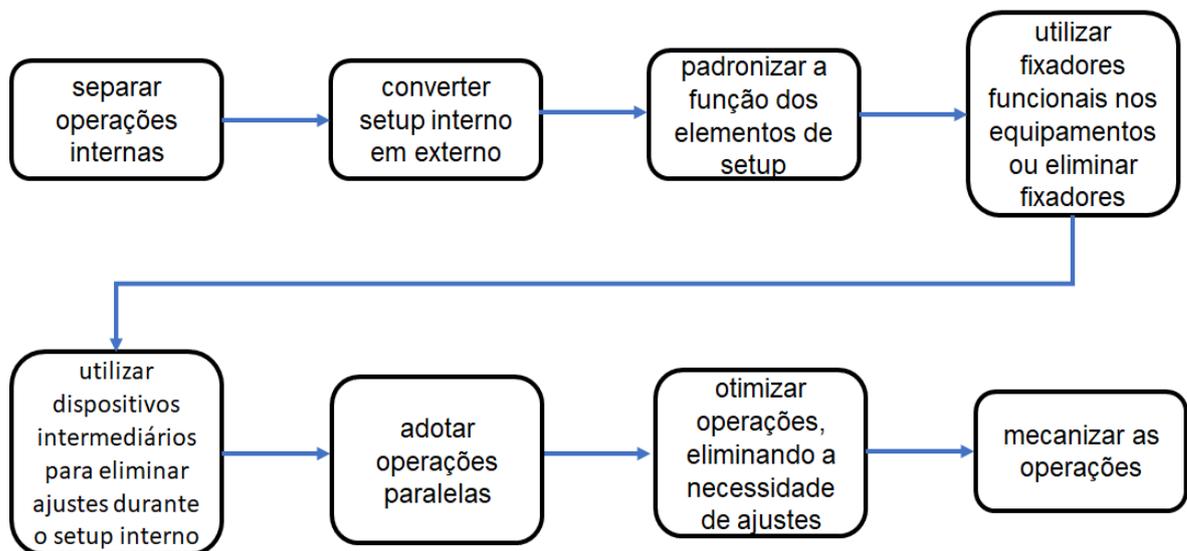


Figura 9: Estágios do SMED.

Fonte: Adaptado de Fogliatto e Fagundes (2003).

Gomes (2021) afirma que embora signifique que o tempo de *setup* não ultrapasse os 02 dígitos de minutos, não quer dizer que todos os processos necessariamente têm de seguir essa regra.

O autor supracitado ainda continua apontando que o tempo de *setup* deve ser reduzido ao máximo. A SMED pode ser utilizada, praticamente, em qualquer operação ou processo e está atrelada a uma ideia de melhoria constante, que reverte em eficácia e rentabilidade para os negócios.

O SMED foi desenvolvido com a finalidade de suprir as flutuações da demanda, possibilitando uma resposta rápida das organizações diante as mudanças (SHINGO, 1996)

Já Kanzawa (2006) afirmou que utilizou a ferramenta SMED, porém em linhas de produção de embalagens numa indústria farmacêutica. O autor supracitado cronometrou e comparou os resultados, onde havia um cenário preestabelecido e outro cenário após a implantação da ferramenta. SMED. Obteve-se uma queda de 44% do tempo de *setup* após o uso da ferramenta, assim, aumentando a eficiência produtiva da linha de produção. É relatado que o único dígito não foi alcançado, porém o tempo de setup foi reduzido ao máximo.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos dados coletados inicialmente e dados coletados após a simulação aplicando o *setup* externo do SMED, foi confeccionado um quadro relativo à situação anterior e posterior.

De acordo com a simulação, o tempo de realização da nova operação de *setup* seria de 13 horas e 40 minutos, atingindo uma redução de 42,66% no total em relação à operação praticada anteriormente. No entanto, ao compararmos individualmente, as reduções realizadas nas atividades que compõem o *setup* em relação às antigas atividades, destaca-se que transformando em *setup* externo a montagem da cabeça, tempo de aquecimento e aplicação do torque traz uma redução drástica no tempo de *setup*.

No quadro 5, destaca-se em vermelho o tempo de retirada e limpeza do parafuso sem-fim e limpeza do cilindro, pois essa atividade é feita simultaneamente com o desacoplamento e retirada do material de limpeza da cabeça da (U380-A23), logo prevaleceu o maior tempo gasto em uma atividade, assim não contabilizando tempo no estudo.

Quadro 5: Tempo de *setup* sem o SMED

TEMPO DE PARADA DE LINHA PARA <i>SETUP</i> SEM O SMED	
ATIVIDADES	TEMPO (horas)
Tempo de montagem da cabeça (U-670 - 2.0)	02:45
Tempo de Aquecimento da cabeça (U-670-2.0)	06:50
Tempo de aplicação de torque dos componentes da cabeça (U-670-2.0)	00:35
Tempo de purga com material de limpeza da extrusora (cabeça e cilindro)	02:30
Tempo de desacoplamento e retirada do material de limpeza da cabeça (U-380-A23)	02:10
Tempo de retirada e limpeza do parafuso sem-fim e limpeza do cilindro	01:45
Tempo de reinstalação da rosca sem-fim no cilindro	00:40
Tempo de instalação da cabeça (U-670-2.0)	01:20
Tempo de <i>setup</i> de outros periféricos	07:00
TEMPO ACUMUDADO DO <i>SETUP</i> SEM O SMED	23:50

Fonte: Autoria própria.

Já no quadro 6 apresenta-se mais atividades destacadas em vermelho, além da tarefa supracitada, o tempo de montagem, aquecimento e aplicação do torque dos componentes da cabeça também estão enfatizadas. Essas atividades não

contabilizaram como tempo de parada de linha para *setup* pois elas foram realizadas previamente, isto é, transformadas em *setup* externo.

Quadro 6: Tempo de *setup* com SMED.

TEMPO DE PARADA DE LINHA PARA SETUP COM O SMED	
ATIVIDADES	TEMPO (horas)
Tempo de montagem da cabeça (U-670 - 2.0)	00:00
Tempo de Aquecimento da cabeça (U-670-2.0)	00:00
Tempo de aplicação do torque dos componentes da cabeça (U-670-2.0)	00:00
Tempo de purga com material de limpeza da extrusora (cabeça e cilindro)	02:30
Tempo de desacoplamento e retirada do material de limpeza da cabeça (U-380-A23)	02:10
Tempo de retirada e limpeza da rosca sem-fim e limpeza do cilindro	01:45
Tempo de reinstalação da rosca sem-fim no cilindro	00:40
Tempo de instalação da cabeça (U-670-2.0)	01:20
Tempo de setup de outros periféricos	07:00
TEMPO ACUMULADO DO SETUP COM SMED	13:40
PORCENTAGEM DE REDUÇÃO DO TEMPO ACUMULADO DE SETUP	42,66%

Fonte: Autoria própria.

Mattoso (2014) diz que depois de pesquisar e implantar medidas para transformar o *setup* interno em externo de uma linha de extrusão de borracha. Foi confeccionada uma planilha onde era possível correlacionar o tempo anterior e o novo tempo de troca de ferramenta. Nela apresentou-se o tempo total de *setup* que antes era de 29 minutos e 36 segundos que foram reduzidos para apenas 15 minutos e 07 segundos, ou seja, houve uma redução de 14 minutos e 30 segundos demonstrando uma redução de aproximadamente 50% no tempo de realização do *setup*.

Mattoso (2014) ainda afirma, que o SMED ajudou na melhoria da produtividade e no *lead time* do produto, satisfazendo a gerência e reforçando que o SMED é eficaz e que os resultados obtidos foram exatamente como Shingo havia previsto em sua obra “Sistema de troca rápida de ferramenta”.

Durante a pesquisa, foram observadas algumas barreiras onde apenas com a utilização do SMED não seria possível chegar ao resultado que realmente é desejado. Porém o referencial teórico apresentado nesse trabalho mostra que as

ferramentas *Lean* são capazes de se integrar e solucionar os demais problemas que estão afetando a implantação de uma determinada ferramenta *Lean*.

Uns dos principais obstáculos encontrados para a implantação do SMED na presente pesquisa é a alta imprevisibilidade de quando será feita a realização dos *setups*, pois existem constantes mudanças na produção diária devido a encomendas urgentes, atrasos e a indisponibilidade de matéria prima no momento exato para fabricação da camada de extrusão.

Ao analisar a definição de Lucinda e Oliveira (2017) observa-se que o *Heijunka* poderia transformar os processos e fazer com que eles se tornem mais flexíveis e estáveis, desta forma, fazendo com que as produções fiquem niveladas através da combinação de lotes de diferentes produtos, evitando assim ociosidade para alguns produtos e picos de demanda para outros. Este nivelamento viabiliza a fabricação de pequenos lotes, e conseqüentemente a produção puxada, trazendo mais flexibilidade no atendimento aos clientes.

Os autores supracitados também destacaram a implantação do *Heijunka*, torna a troca ou adaptação de equipamentos mais ágeis, já que operadores conseguem acompanhar o planejamento e visualizar claramente o desempenho de suas tarefas, já que anteriormente os ritmos e cargas de trabalho eram incertos.

Porém, poderia se acrescentar junto ao *Heijunka* a ferramenta do *Kanban* de produção, que segundo estudos tem uma alta competência na utilização em produção separadas em lotes.

Examinando os resultados de Coneglian (2010) a implantação do *Kanban* neste estudo de caso, poderia proporcionar ganhos de tempo *setup* e de processamento, diminuição do tempo de movimentação, planejamento e alocação dos recursos produtivos, além de favorecer a visão das perdas ocultas por um processo ineficiente.

Outro grande problema verificado, este sendo apurado durante a gravação, foi a falta de ordenação, padronização e limpeza do ambiente em que se realizava o *setup* durante a simulação da troca das cabeças da extrusora.

Neste sentido, o 5S tornou-se ferramenta obrigatória em vários programas de qualidade, pois é uma ferramenta relativamente simples de aplicar, desde que haja disciplina dos envolvidos, e pode envolver um grande número de pessoas, o que é altamente produtivo e positivo para melhorar o local de trabalho e o ambiente entre as pessoas. De acordo com Barros e Passos (2021), a metodologia 5S beneficia a padronização de métodos de trabalho que por sua vez, em casos de ambientes de *setup* desorganizados e sem padrões, leva melhorias de *setup*.

5- CONCLUSÃO

Conforme os resultados foram apresentados neste trabalho, foi possível verificar que, a metodologia de SMED, proposta por Shingo (1985), e sua integração com as ferramentas de *Lean Manufacturing* tornaram possível alcançar a meta de redução do tempo de *setup*. Verificou-se também que as ações tiveram como consequência não apenas o objetivo principal de redução do tempo de *setup*, mas proporcionou melhorias indiretas, como a redução de *lead time*, o aumento do sentimento de realização da equipe e consequente motivação.

Pode-se observar que a principal perda de tempo estava correlacionada a falta de planejamento da atividade, o que pode ser sanado sem necessidade de altos investimentos, através do treinamento operacional, ou seja, com ações de baixo custo.

Por se tratar de um estudo de caso único essa pesquisa possui suas limitações. Sendo assim algumas outras barreiras para aplicação do SMED também podem ser identificadas, além das que foram encontradas nesse estudo. Por isso foram feitas sugestões da aplicação conjunta das ferramentas do *Lean Manufacturing* para que o SMED tenha uma melhor implantação.

Como recomendação para continuidade da pesquisa, sugere-se um estudo de outras ferramentas do *Lean Manufacturing* para trabalhar em combinação com o SMED, tais como: *Heijunka*, *kanban* e 5S. Essas ferramentas trabalhadas em conjunto podem contribuir ainda mais para redução de *setup* da linha de extrusão de uma empresa de dutos flexíveis para extração de petróleo.

REFERÊNCIAS

AFONSO, N. - **Investigação naturalista em Educação**: um guia prático e crítico. Porto: Edições ASA, 2005.

ALVES, A. C. - **Projecto dinâmico de Sistemas de Produção Orientados ao Produto** - Tese (Doutorado) - Universidade do Minho – Braga, Portugal, 2009.

ARAÚJO, F. A. P. - **Melhorar a fluência da leitura com recurso ao computador pessoal: estudo de caso único de criança com dislexia**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Minho – Braga, Portugal, 2009.

BARROS, F.; PASSOS, C. - Clotilde Passos – **Implementação do SMED em ambiente Lean** - Universidade Católica Portuguesa, Instituto de Gestão e das Organizações da Saúde – Palma de Cima, 2021.

BASTOS, B. C., CHAVES, C. - **Aplicação de Lean Manufacturing em uma Linha de Produção de uma empresa do Setor Automotivo** - IX SEGeT – Resende, RJ, Brasil, 24 a 26 de outubro de 2012. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/42916442.pdf>. Acessado em: janeiro de 2022.

CALHADO, M. P. *et al.* - **Implantação do método de troca rápida de ferramentas no setor de usinagem em uma indústria de autopeças**. In: - Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, Fortaleza. **Anais**. Ceará, 2015.

CHIARINI, A.; VAGNONI, E - **World-class manufacturing by Fiat. Comparison with Toyota Production System from a Strategic Management, Management Accounting, Operations Management and Performance Measurement dimension** - International Journal of Production Research, v. 53, n. 2, p. 590-606, 2014.

CONEGLIAN, R. C. - **Implementação da Ferramenta Kanban em uma Empresa Metal Mecânica** - Dissertação (Bacharelado) - Universidade Estadual de Maringá Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia de Produção – Maringá, 2010.

CORRER, I. *et al.*- **Statement of losses caused by the presetting of tools by the manual method** - POMS 22nd Annual Conference, Reno. **Anais**. Nevada, U.S.A. – 2011.

EVANGELISTA, G. M. S. - **Benefícios da aplicação da metodologia SMED para a redução de tempo de setup em células de manufatura de usinagem**. *Exacta*, 19(1), 188-209, 2021.

FAHMI, M *et.al* - **The effect of culture kaizen and compensation of employees with the spirit of organization commitment as an intervening variable (case study of employees pt. smartfren telecom tbk. semarang)** - *Journal of Management*, v. 1, n. 1, 2015.

FLICK, U. - **Desenho da pesquisa qualitativa**. In: **Desenho da pesquisa qualitativa** – Porto Alegre: Bookman, 2009.

FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. M. – **Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso**. – *Revista Gestão & Produção*, v.10, n.2, p.163-181, 2003.

GIL, A.C.- **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. – São Paulo: Atlas, 2022 (KINDLE).

GOMES, D. M. G. - **Aplicação da sistemática SMED em uma indústria norte americana de usinagem de componentes aeronáuticos** — *Dissertação (Bacharelado)* - Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, 2021.

HASSAN, K.; KAJIWARA, H. - **Application of pull concept-based lean production system in the ship building industry** - *Journal of Ship Production and Design*, v. 29, n. 3, p. 105-116, 2013.

KANZAWA, C.T. – **Aplicação do SMED em uma indústria farmacêutica** – *Dissertação (Bacharelado)* - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo, 2006.

LIKER, J.K. - **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** – São Paulo: Bookman (KINDLE), 2005.

LUCINDA, A. P.; OLIVEIRA, F. F. - **HEIJUNKA: Introdução do Sistema Puxado e Nivelado de Produção em uma fábrica de reatores, módulos e drives de LED** - Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas – Dissertação (Bacharelado) – Três Pontas, Minas Gerais, 2017.

MATTOSO, A. S. - **Metodologia de redução de setup em um processo de extrusão: implantação e análise crítica por meio de uma pesquisa-ação** - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo – Lorena, 2014.

MOURA, R. A. – **Kanban: A Simplicidade do Controle da Produção** - São Paulo: IMAM, 2003.

NASCIMENTO, F. P.; Souza L. L. F. – **Metodologia da pesquisa científica: teoria e prática** – Brasília: Thesaurus, 2015.

NISHIDA, L. D. **Como determinar metas para o tempo de *setup*** Disponível em: <http://www.lean.org.br/bases.php?&interno=artigo_18>. Acesso em: 11 de maio, 2022.

OHNO, T. - **O sistema Toyota de produção além da produção: Além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA F. L. - **Aplicação de Princípios Lean Manufacturing Com Ênfase no Uso da Ferramenta SMED em Processos Industriais Utilizados na Fabricação de Condicionadores de Ar na Empresa Midea Carrier do Brasil.** Dissertação (Mestrado) – Universidade do Minho – Braga, Portugal, 2017.

ORTIZ, C. A. -**Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line** - New York: CRC Press - New York, Estados Unidos, 2006.

PASCAL, D. - **Produção Lean Simplificada: Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2008. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577802913/>. Acesso em: 19 abril, 2022.

PEREIRA, G. P.; TRABASSO, L.G. – **Método de implantação da manufatura enxuta aplicado à cadeia de fornecimento**. – E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial, Florianópolis, v. 9, n. 1, 2016.

PLÁSTICO, Abip Associação Brasileira da Industria do. **Processos de Fabricação – Extrusora** - Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/>. Acesso em: 10 de maio, 2015.

REIS, M. E. P.; ALVES, J. M. **Um método para o cálculo do benefício econômico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de setup** - Revista Gestão & Produção, v. 17, n. 3, p. 579-588, 2010.

SAURIN, T. A. *et.al* - **A framework for assessing poka-yoke devices** - Journal of Manufacturing Systems - v. 31, n. 3, p. 358-366, 2012

SHINGO, S. - **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos** -Porto Alegre: Bookman, 2000.

SOUZA, J.M. - **DCA e Lean Manufacturing: Estudo de Caso de Aplicação de Processos de Qualidade na Gráfica Alfa** - Faculdade Anhanguera de Santa Bárbara, Santa Bárbara d'Oeste, 2016.

ZINTH, S. A. M. *et al.* - **Redução do tempo de setup a partir da aplicação dos conceitos de troca rápida de ferramentas: Um estudo de caso**. Revista Espacios, 36 (15), p.10, 2015.

CAPÍTULO III: REFERÊNCIAS

BAHURY, M. S.; BEER, P.B. - **Aplicação do Sistema Lean de Produção à Indústria de Cosméticos**: O Caso da Linha de Produção de Coloração para Cabelo, Engenharia de Produção - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016. Disponível em <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015803.pdf>. Acesso em 22 de agosto,2021.

BANDEIRA, R. M. A. – **Aplicação de ferramentas de lean manufacturing em uma empresa de distribuição de cosméticos**, Engenharia de Produção – Unidade de Ensino Dom Bosco, São Luis, 2020. Disponível em <<http://repositorio.undb.edu.br/bitstream/areas/352/1/RAIRY%20MENEZES%20A GUIAR%20BANDEIRA.pdf>>. Acesso em 05 de junho,2021.

BOWEN, H.K E SPEARS, S.J - **Decoding the DNA of the Toyota Production System, Project: Doing More With Less: Delivering greater value, faster, easier** - Harvard Business Review 77(5),1999. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/200552318_Decoding_the_DNA_of_the_Toyota_Production_System, Acesso 04 de junho,2021

CAMPOS, V. F – **TQC: Controle da qualidade total** (no estilo japonês), Nova Lima: Editora Falconi, 2014.

CARVALHO, A. S. - **A técnica logística no toyotismo**: uma aproximação geográfica do just-in-time. Geousp – Espaço e Tempo (Online), v. 21, n. 1, p. 32-47, abril. 2017. ISSN 2179-0892. Disponível em <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/96023/132443>. Acesso em 22 de agosto, 2021.

CHIAVENATO, I. - **Introdução à teoria geral da administração**: uma visão abrangente da moderna administração das organizações, Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2003

COGAN, S. - **Contabilidade gerencial: uma abordagem da teoria das restrições** - São Paulo: Saraiva, 2007.

COLOMBINI, I - **Crise da geopolítica do petróleo no Brasil e o 'mundo invisível' das para-petroleiras**. OIKOS, Volume 19, n. 1, pgs 122-141, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.unisantos.br/mestrado/gestao/egesta/artigos/122.pdf>. Acesso em: 30 de maio, 2021.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. - **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica** – São Paulo: Atlas (KINDLE), 2017.

CHIAVENATO, I. - **Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações**, Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2003

DENNIS, P. - **Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo** – Porto Alegre: Bookman (KINDLE), 2008.

EVANGELISTA, G. M. - **Benefícios da aplicação da metodologia SMED para a redução de tempo de setup em células de manufatura de usinagem**. Exacta, 19(1), 188-209, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/10828> Acesso em: 09 de setembro, 2021.

FERREIRA, E.B – **Aumento de capacidade em uma linha de gargalo, através da aplicação de ferramentas lean: um estudo de caso em indústria de tubulações de flexíveis**, Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/14745/1/Projeto%20Final%20-%20Eduardo%20Ferreira.pdf>. Acesso 03/06/2021

FIORO, V.; HENRIQUE, F. - **O que é Poka Yoke?** - Industria Hoje, 2013. Disponível em: industria hoje.com.br/o-que-e-poka-yoke. Acesso em: 05, setembro, 2021.

GEORGETTI, A. D. - **Implementação de Manufatura Enxuta em um Ambiente com diversidade de componentes e kits de entrega.** (Dissertação Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/264457/1/Georgetti_AlexandreDavini_M.pdf >. Acesso 06 de junho 2021.

IMAI, M. - **Kaizen: A estratégia para o Sucesso Competitivo** - São Paulo: IMAM, 2005

LEAN INSTITUTE BRASIL - **Sistema Toyota de Produção**, 2017. Disponível em: [https://www.lean.org.br/conceitos/72/mapeamento-do-fluxo-de-valor-\(vsm\)---estado-atual-e-futuro.aspx](https://www.lean.org.br/conceitos/72/mapeamento-do-fluxo-de-valor-(vsm)---estado-atual-e-futuro.aspx). Acesso em: 09 junho, 2021.

LIKER, J.K. - **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** – São Paulo: Bookman (KINDLE), 2005.

LIMA, D.D; FERREIRA, J.A – **Escalonamento de projetos com restrição de recursos em um único modo de processamento:** estudo de caso na produção de tubos flexíveis, Engenharia de Produção - Faculdades Integradas Espírito-Santenses, Espírito Santo, 2013. Disponível em: https://jealferreira.com.br/pdf/tcc_faesa_aplicacao_do_escalonamento_de_projetos_com_restricoes_de_recursos_utilizando_um%20unico_metodo_de_processamento_na_producao_de_tubos_flexieis.pdf. Acesso 18 maio, 2021.

KAMADA, S – **Lean Institute Brasil: como operar o andon**, 2007. Disponível em: <https://docplayer.com.br/11296446-Como-operar-um-andon.html>. Acesso em: 01 setembro, 2021.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P- **Administração da produção** - São Paulo: Saraiva, 2005. Disponível em: https://www.academia.edu/32439501/Administracao_da_producao_Petronio_G_Martins_Fernando_P_Laugeni_pdf. Acesso 04 de junho 2021

NISHIDA, L.D. **Como determinar metas para o tempo de setup**. 2006. Disponível em: http://www.lean.org.br/bases.php?&interno=artigo_18. Acesso em 09 de setembro, 2021.

NOGUEIRA, L. J. M - **Melhoria da Qualidade através de Sistemas Poka-Yoke**. 2010.(Dissertação Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2010. Disponível em: pdfs.semanticscholar.org/5719/63a806054be65cacad8710f23ac045463ad6.pdf. Acesso em: 5, setembro 2021.

OHNO, T. - **O sistema Toyota de produção além da produção**: Além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997. Disponível em: https://www.academia.edu/16347106/Taiichi_Ohno_O_Sistema_Toyota_de_Producao. Acesso 06 de Junho de 2021.

PERGHER, I; RODRIGUES, L.H; LACERDA, D.P - **Discussão teórica sobre o conceito de perdas do Sistema Toyota de Produção: inserindo a lógica do ganho da Teoria das Restrições** – São Carlos, Gestão da Produção., v. 18, n. 4, p. 673-686, 2011

PRADO, M; ALMEIDA, F.A.A, NARDINI, B.N, GOMES, J.H.F; PRADO, T – **Análise da aplicação da teoria das restrições na linha de manufatura de uma indústria de produtos bélicos** - XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, (Anais) - João Pessoa/PB, 2016. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_318_30448.pdf Acesso: 26 maio,2021.

SEHNEM, E.H *et al.* - **Utilização dos princípios da manufatura enxuta e ferramenta de mapeamento de fluxo de valor para a identificação de desperdícios no estoque de produto acabado** - *Exacta*, 18(1), p. 165-184, 2020. Disponível em < <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/8629/7863>>. Acesso 08 de junho 2021.

Shingo, S. - **A Revolution in Manufacturing: The SMED System**, Productivity Press, Cambridge, 1985.

SHINGO, S. - **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção. 2.ed.** - Porto Alegre: Bookman, (1996;2007). Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=3-omDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=SHINGO,+S.+1996&ots=h_qjFnkjVm&sig=bl7KFtROjr_Y-FYR6ljaDB1QxLM#v=onepage&q&f=false. Acesso 03 de junho de 2021.

SHIMOKAWA, K; FUJIMOTO, T - **Nascimento do Lean: Conversas com Taiichi Ohno, Eiji Toyoda e Outras Pessoas que Deram Forma ao Modelo Toyota de Gestão** – Porto Alegre: Bookman, 2011

SLACK, N *et al.* - **Administração da Produção. 1. ed.** - São Paulo: Atlas, 2006. Disponível em:< https://www.academia.edu/31529938/LIVRO_Administra%C3%A7%C3%A3o_da_Produ%C3%A7%C3%A3o_Edi%C3%A7%C3%A3o_compacta_Slack_pdf>Acesso : 09 de junho, 2021.

VANSAN, M.V – **Mapeamento de fluxo de valor: Um estudo de caso realizado em uma empresa de alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Tecnologia em Fabricação Mecânica** - Jaraguá do Sul, 2018. Disponível em https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/439/Marcos%20Vinicius%20Vansan_TCCFAB_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso 08 de junho 2021.

VIAMONTES, A.R.F. - **Implementação de princípios e ferramentas lean numa empresa de sistemas de antenas para automóveis**. (Dissertação de mestrado em Estudos de Gestão), Universidade do Minho, Escola de Economia e Gestão – Braga, 2017.

WOMACK *et al.* (2004). **A máquina que mudou o mundo**. 11. Ed - Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. Disponível em: [https://books.google.com.br/books/about/A m%C3%A1quina que mudou o mundo.html?id=PILHfE1qx90C&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books/about/A+m%C3%A1quina+que+mudou+o+mundo.html?id=PILHfE1qx90C&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false). Acesso em 03 junho,2021.